船舶技术法规实施指南

(2023年第1号)

纯电池动力船舶技术法规实施指南

## 1 背景

1.1我局颁布了《沿海小型船舶检验技术规则（2016）》《内河船舶法定检验技术规则（2019）》《内河小型船舶检验技术规则（2016及2019年修改通报）》《公务船技术规则（2020）》《国内航行海船法定检验技术规则（2022年修改通报）》，均对电池动力船舶提出了技术要求和检验要求。

1.2我国电池动力船舶发展迅速，技术快速迭代，相关技术要求亦应随着行业发展及时更新。

## 2 目的

2.1依照现行国内航行船舶技术法规有关要求，基于对纯电池动力船舶应用情况及风险隐患的最新动态评估，为进一步推进电池动力船舶安全健康发展，特制定《纯电池动力船舶技术法规实施指南》（以下简称本指南）。

## 3适用范围

3.1本指南适用于以锂离子蓄电池和能量型超级电容器作为全部动力源且设有直流综合电力系统的国内航行船舶。

## 4现行主要国内航行船舶技术法规规范

4.1《沿海小型船舶检验技术规则（2016）》：第5章第2节、第6节和第7节。

4.2《内河小型船舶检验技术规则（2016及2019年修改通报）》：第6章第8节、第13节和第14节，第7章第5节，附录2第2.5条。

4.3《内河船舶法定检验技术规则（2019）》：第5篇第3章第7节“磷酸铁锂电池船舶的特殊要求”，第5篇第10章第2节“应用太阳能电池的船舶”。

4.4《公务船技术规则（2020）》：第1篇第5章第5节“锂离子蓄电池”，第1篇第6章第4节第6.4.3条“船上使用蓄电池的附加要求”；第2篇第5章第9节、第10节、第13节、第14节，第2篇第7章第7.2.8条“应用磷酸铁锂电池船舶的特殊要求”。

4.5《国内航行海船法定检验技术规则（2022年修改通报）》：第4篇第2-1章第2-1.3.11条“船舶使用锂离子蓄电池的附加要求”，第4篇第2-2章第2-2.1.29条“船舶使用锂离子蓄电池的附加要求”。

4.6《船舶直流综合电力系统检验指南（2023）》，该指南于2023年5月1日生效，生效后替代《直流配电电力推进系统检验指南（2020）》。

4.7《船舶应用电池动力规范（2023）》，该规范于2023年6月1日生效，生效后替代《纯电池动力船舶检验指南（2019）》。

## 5实施要点

**5.1一般规定**

5.1.1国内航行船舶使用锂离子蓄电池和能量型超级电容器时应满足本指南4所述适用的标准。

**5.2审图实施要点**

除相关法规明确要求外，电池动力系统相关图纸的主要审查依据是《船舶应用电池动力规范（2023）》和《船舶直流综合电力系统检验指南（2023）》。

5.2.1电池系统风险控制

5.2.1.1热失控

(1)确认电池舱(柜)的布置及分隔时，船长20m及以上国内航行海船的锂离子蓄电池舱（室）与相邻处所限界面的耐火完整性应达到A-60标准，限界面上的开口和贯穿应采取相应的措施确保限界面的耐火完整性。

(2)核查电池舱通风系统(或其它冷却装置)的设置及通风量计算，电池舱风机通风能力损失应在驾驶室设置声光报警。

(3)在电池管理系统（BMS）功能要求一览表中，关注电池单体电压、温度等参数的报警及保护要求。

(4)可燃气体探测装置能够在发出报警的同时启动应急排气风机，该风机排风布置需将可燃气体及时排至船外安全处所。排气系统应由两路电源供电，其中一路应由其服务舱室之外的其他电源系统供电。

(5)核查电池舱内是否设置了火灾探测及报警、固定式灭火系统及预释放报警装置。

(6)核查电池舱风机紧急切断装置、电池系统紧急关断装置的设置。

(7)电池舱内热失控状态下需维持工作的设备应为防爆型产品,如探火设备、固定式灭火剂施放预报警器、可燃气体探测装置及报警器、应急排气系统等。

(8)核查固定式灭火系统灭火剂数量，以及手提式灭火器的配备。

(9)船舶冷却系统中液冷电池包的热交换量，应能够满足制造商提供的电池包所需相关热交换数据。

5.2.1.2电池管理系统(BMS)

(1)BMS应由两路电源供电，其中一路应由其监控蓄电池以外的其他电源系统供电。

(2)BMS的环境温度监测的高温报警和过高温保护不应使用同一传感器。

(3)BMS的报警及保护动作：报警及保护动作设定值应分级进行，相应保护动作中不同保护动作设定值也应分级进行，其中温度调节与降功率可为同一级。降功率由BMS向船舶管理系统（PMS/EMS/AMS）发出降功率信号；温度调节由BMS启动电池系统内的温度调节装置（如设有）或向蓄电池安装处所的温度调节装置（风机、空调等）发出起动信号。

5.2.1.3全船电池系统的总电量的最小电量报警应设置独立报警装置，该报警信号应由船舶管理系统（PMS/EMS/AMS）发出。

5.2.1.4 单个电池子系统的最小电量报警无需设置独立报警器，该报警信号可由电池子系统发出。

5.2.2 配电系统

5.2.2.1直流主汇流排的分段及连接

内河急流航段的船舶、通过三峡大坝的船舶，以及可并联电源装置总功率大于200kW的客船，若采用固态开关作为母联保护装置，母联保护装置应可以合闸运行；若采用其它类型母联保护装置，母联保护装置需分闸，采用分区供电模式，各分段直流母排独立运行，同时向各自负载供电。

5.2.2.2交流主汇流排的供电模式

内河急流航段的船舶、通过三峡大坝的船舶，以及可并联电源装置总功率大于200kW的客船，交流主汇流排的供电模式可以选择下面任一方式：

（1）为操舵装置以及推进装置/配电系统/电池系统等服务的冷却泵供电的交流汇流排应采用分区供电模式。母联保护装置分闸，应保证各分段母排独立运行，同时向各自负载供电。

（2）对于设置有应急蓄电池组作为应急电源或其它替代能源为操舵及冷却系统服务的船舶，交流主汇流排可以采用集中供电模式。

（3）对于为操舵装置以及推进装置/配电系统/电池系统等服务的冷却泵由直流主汇流供电时，设备经变流器均匀地连接于至少两个独立的分段上，交流主汇流排可以采用集中供电模式。

5.2.2.3直流母排系统短路及过载试验验证

(1) 同一套产品图纸的直流综合电力系统，首次安装上船之前，制造商应进行短路试验（包括交流配电板、直流配电板）并出具试验报告。试验过程需要产品验船师见证。船舶审图时应要求提供该报告供查验。

(2) 变流器选型是否能提供足够的能量，能够承受可能产生的尖峰电流。

5.2.2.4直流综合电力系统

船舶管理系统(PMS/EMS/AMS)应采用冗余设计（关注产品审图及产品检验已确认），包括其电源、线路及控制功能部件等，避免PMS/EMS/AMS单一故障造成全船失电，例如应避免PMS/EMS/AMS出现故障导致其与全船电池系统的BMS通讯故障、造成所有电池系统停止运行；又如通讯故障时可自动转换至备用系统。

5.2.3 液体冷却系统（电池、变流器及推进装置）

5.2.3.1冷却系统相关的冷却泵应采用冗余设计，且互为备用的冷却泵应从不同汇流排分段供电，泵浦应能够自动切换。

5.2.3.2核查冷却系统泵的双套配置，需要满足一侧汇流排失电故障情况下，冷却系统仍能保证船舶正常工作。

5.2.4正在运行的操舵装置及其控制装置失电后，恢复供电应能自动启动。

5.2.5冷却系统的泵浦应具备故障自动切换功能，且正在运行的泵浦失电后，恢复供电应能自动启动。

5.2.6 风险评估报告

5.2.6.1直流综合电力系统故障风险评估

应根据《船舶应用电池动力规范（2023）》第4.2.1.5的要求和《船舶直流综合电力系统检验指南（2023）》第6.1.1条的要求，对直流综合电力系统（含直流配电）的风险评估报告进行审核。

5.2.6.2电池动力船舶的风险评估

应根据《船舶应用电池动力规范（2023）》第1.1.7.2条的要求对风险评估报告进行审核。风险评估报告应包括船舶配电系统发生故障对船舶操纵的影响。

5.2.6.3内河急流航段船舶、通过三峡大坝的船舶、三峡库区的客船，应特别关注全回转推进装置的转向装置与传统操舵装置工作原理的不同，使用全回转推进装置的船舶需要考虑顺水舵效。

**5.3检验实施要点**

船舶检验要求按照《船舶应用电池动力规范（2023）》第1章第3节“船舶检验”以及《船舶直流综合电力系统检验指南（2023）》第1章第4节“船舶检验”。检验时，还需关注如下要点：

5.3.1 文件与资料

5.3.1.1直流综合电力系统故障模式和影响分析(FMEA)报告

5.3.1.2电池动力船舶的风险评估报告

5.3.1.3船上操作手册（应用直流母排系统的电池动力船舶）

5.3.1.4直流母排系统功能说明

5.3.1.5电池系统的应急操作说明

5.3.1.6电池系统的维护（包括检查）和功能测试说明

5.3.1.7电池系统的安全性说明

5.3.1.8电磁兼容分析和设计报告

5.3.1.9固态开关制造商要求的定期校核记录

确认上述5.3.1.1至5.3.1.9文件资料已经配备在船上。验证船上操作已充分考虑文件资料所识别的潜在风险以及其对系统性能影响的系统化程序。

5.3.1.10检查与船舶推进及操纵有关的报警指示、故障影响、故障消除措施建议的简要操作说明已制定并张贴于驾驶室。

5.3.2 蓄电池安全等级

基于蓄电池风险评估要求，核查蓄电池产品证书，确认蓄电池安全等级和电气说明书以及电池系统图一致。

纤维增强塑料船、船长超过50米或载客人数超过150人的客船以及所有载运（含散装和包装）危险货物的船舶、油船、液化气体运输船舶的蓄电池应为安全等级2的蓄电池，且蓄电池包防护等级应不低于IP67。

5.3.3需关注蓄电池包的温度调节措施

(1)蓄电池包应设有温度调节措施。

(2)当蓄电池包借助其所在的蓄电池舱或蓄电池箱(柜)的温度调节装置进行温度调节时，蓄电池包的外壳防护等级应能确保温度调节的有效性。

(3)IP67的蓄电池包应设有与蓄电池舱、蓄电池箱(柜)独立的温度调节装置。

5.3.4检查蓄电池舱/蓄电池箱(柜)的布置与分隔，需特别关注：

5.3.4.1检查蓄电池舱与其他舱室防火分隔时，《国内航行海船法定检验技术规则》要求的耐火完整性应达到A-60标准。

5.3.4.2蓄电池舱内不应安装与蓄电池无关的热源设备及管路（蒸气、液体等）。当蒸汽、液体等压力管路必须通过时，应禁止在蓄电池舱内设置其法兰接头，或应采取可靠的防护措施，并进行相关管系的压力及密性试验加以验证。

5.3.5需特别注意BMS的如下保护功能：

(1)过流时，BMS应发出降功率信号或停止电池（子）系统；

(2)过充时，BMS应能断开充电装置；

(3)过放时，BMS应能停止电池（子）系统；

(4)BMS应设置低温充电限制；

(5)BMS应能将蓄电池控制到安全状态，如采取通风、降功率、停止电池系统等措施。需注意过高温保护应独立于其他温度指示、报警和控制功能的部件 。

(6)当出现保护功能故障和温度检测故障时，电池系统应自动停止运行；

(7)当出现充电故障时，BMS应控制充电设备停止充电。

5.3.6 对于标称电量超过50kWh的电池系统，需关注设置独立的紧急关断装置，且应设在驾驶室内和蓄电池舱外易于到达之处，动作时应同时发出视觉和听觉信号。该紧急关断装置应防止误触动。

5.3.7电池舱应急排气系统的风机应由两路电源供电，其中一路应由其服务区域以外其他电源系统供电，还应关注电池舱应急排气出口的布置位置。

5.3.8核查船舶管理系统(PMS/EMS/AMS)冗余配备。

5.3.9冷却系统

5.3.9.1对于变流器及电池，如采用液体冷却方式进行冷却，需要采取措施避免冷凝水对电气设备造成危害。

5.3.9.2核查冷却系统配备的双套泵浦供电取自不同汇流排分段。

5.3.9.3重点关注变流器冷却系统失电后的恢复工作时间，该恢复时间不应影响设备安全运转。

5.3.10 如采用全回转推进装置，需特别注意：

5.3.10.1 转向装置失电故障后，转向装置仍然会产生舵效，确认船公司制定了相应操作措施。

5.3.10.2当推进装置失效后，因其无法提供舵效，确认船公司制定了相应操作措施。

5.3.11 FMEA实船验证

5.3.11.1 FMEA报告故障分析应当是故障逐项显示，且应对措施应当是逐项故障分离。

5.3.11.2 船厂应依据《直流综合电力系统应进行故障模式和影响分析（FMEA）报告》和《电池动力船舶的风险评估报告》逐项对FMEA分析的问题进行实船验证，并记录验证结果。验船师应现场见证。

5.3.11.3 FMEA 验证程序应包括试验目的、试验中船舶和设备的安装程序、如何引发或模拟设备故障、以及故障导致的可能后果。

5.3.11.4验证中需要特别注意影响船舶推进和操纵的结果。

5.3.11.5 FMEA报告应根据实船验证结果进行必要的完善，将试验测试表纳入到 FMEA 报告中。如适用，需进行新一轮的FMEA评估，对于影响船舶安全航行的项目，应由设计方制定故障风险对应的防护措施、消除措施或减轻措施，必要时需要设计修改。经评估更新的FMEA报告，应重新提交审图单位备查。

5.3.12 需要重点关注的系泊试验项目

5.3.12.1对岸电接入的充电装置进行效用及安全性验证，如设有高压岸电装置应按相关要求进行耐压交接试验（试验机构及试验人员应满足国家相关要求）。

岸基充电装置操作、指示、联锁等功能的检查和试验。建造检验时应采用与实际运营时同型充电桩进行试验。

5.3.12.2报警系统、控制系统和安全系统的效用试验，按照审批图纸逐项进行试验。

5.3.12.3应关注最小电量报警装置的效用试验，该报警装置独立于其它报警装置。

5.3.12.4在保证安全的前提下，对于水冷系统试验，采取实际停泵方式进行，用以确认直流配电板变流器高温报警及超高温断电保护的时间，为船长在航行中提供应急操作的依据。

5.3.12.5进行突加和突卸负载试验，选取对应工况下电力负荷估算书中最大额定功率/实际最大使用功率设备，并结合系泊试验条件作为突加和突卸负载功率以考察供电系统的稳定性，重点考虑突卸最大用电设备全功率运行状态对电网影响。

5.3.12.6电力推进系统，应进行应急停止和越控功能的试验。

5.3.12.7推进电动机采用永磁电动机时，应进行锁轴装置试验，或对其他合适的措施进行试验。

5.3.13需要重点关注的航行试验项目

5.3.13.1在动力电池满电的状况下，由正车半速状态直接转换至停车状态，验证BMS能量回收策略的正确性，避免因船舶电网无法消纳停船时螺旋桨惯性转动的发电量，造成直流主汇流排电压瞬间升高导致船舶失电。

5.3.13.2在保证安全的前提下，在航行工况下停止一台推进电动机试验，再重新启动，重点考虑突卸最大用电设备全功率运行状态对电网影响，验证配电系统的供电连续性。

5.3.13.3交流日用配电系统使用逆变器供电时，需进行以下项目：

(1) 逆变器的检查和起动/停止试验；

(2) 逆变器带载运行的检查和试验；

(3) 逆变器之间相互转移供电，以及与其他交流电源装置（如有时）相互转移供电的试验，且转移过程中负载不断电，分别测量手动及自动转换的时间。

5.3.13.4转舵电机电源失电恢复供电后，测量恢复到正常舵效的时间。对于航行于急流航段的客船，验证转舵电机供电转换的可靠性，以确保船舶航行安全。

5.3.13.5验证转舵电动机自动启动功能。

5.3.13.6验证服务于水冷系统的备用泵自动启动及自动切换功能。

5.3.13.7 推进装置航行试验

(1)航行试验工况和试验时间

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 工况（功率或对应转速） | 时间（分钟） |
| 1 | 25% | 15 |
| 2 | 50% | 15 |
| 3 | 75% | 15 |
| 4 | 常用功率 | 60 |
| 5 | 100% | 120 |
| 6 | 110% | 15 |
| 7 | 倒车50% | 15 |
| 备注：   1. 具体时间根据电池容量及续航能力进行调整。 2. 110%工况试验时间根据厂商要求具体调整。 | | |

（2）各种推进模式均应进行试验，如单机推进模式及多机推进模式。

（3）在供电不中断情况下，两组或多组电池组切换供电试验。